



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenl gungsschrift**
10 **DE 197 53 034 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
G 08 G 1/01

21 Aktenzeichen: 197 53 034.6
22 Anmeldetag: 18. 11. 97
43 Offenlegungstag: 17. 6. 99

DE 197 53 034 A 1

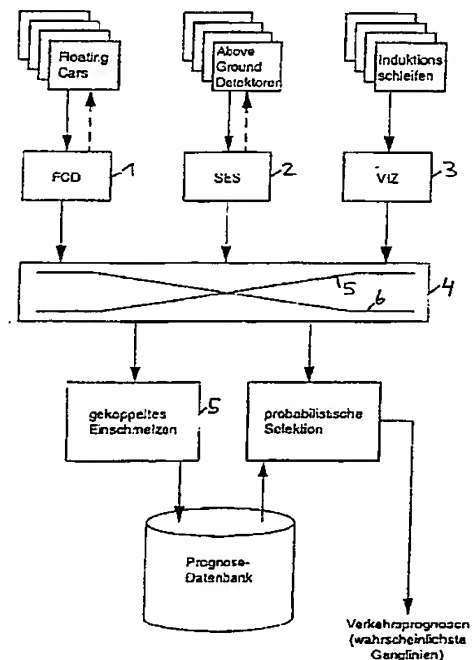
71 Anmelder:
DDG Gesellschaft für Verkehrsdaten mbH, 40547
Düsseldorf, DE
74 Vertreter:
P. Meissner und Kollegen, 14199 Berlin

72 Erfinder:
Fastenrath, Ulrich, Dipl.-Phys. Dr., 40549
Düsseldorf, DE; Hilliges, Martin, Dipl.-Phys. Dr.,
40882 Ratingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- 54 Verfahren zur Prognose eines den Zustand eines Systems repräsentierenden Parameters, insbesondere eines den Zustand eines Verkehrsnetzes repräsentierenden Verkehrsparameters und Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens
- 57 Eine optimierte Prognose eines Parameters, insbesondere Verkehrsparameters, wird ermöglicht durch ein Verfahren zur Prognose eines ersten den Zustand eines Systems repräsentierenden Parameters, wobei einen zweiten Parameter des Systems betreffende Daten mindestens einer von mehreren, einen zeitlichen Verlauf des ersten, den Zustand des Systems repräsentierenden Parameters repräsentierenden Ganglinien zugeordnet werden, und der erstere Parameter aufgrund der Daten und der mindestens einen zugeordneten Ganglinie für einen künftigen Zeitpunkt prognostiziert wird und eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.



— Datenfluß
--- Kontrollfluß

DE 197 53 034 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prognose eines den Zustand eines Systems repräsentierenden Parameters, insbesondere eines den Zustand eines Verkehrsnetzes repräsentierenden Verkehrsparameters und eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.

Eine Prognose eines den Zustand eines Verkehrsnetzes betreffenden Verkehrsparameters für einen künftigen Zeitpunkt kann unter Berücksichtigung zeitperiodischer Verläufe dieses Parameters erfolgen. Die periodischen Verläufe des Verkehrsparameters, auch bezeichnet als Ganglinien, können aus Verkehrsdaten zu diesem Verkehrsparameter zu unterschiedlichen Zeitpunkten durch statistische Verdichtung gewonnen werden. Eine Ganglinie (also ein Verlauf) eines Verkehrsparameters kann beispielsweise der Verlauf während der Tageszeit eines bestimmten Wochentages, während einer Woche oder/und während des Jahres sein. Als Ganglinien komprimierte und gespeicherte Verläufe von Verkehrsparametern können mit Selektionsmerkmalen versehen werden, so daß eine Prognose durch Vergleich beispielsweise der aktuellen Situation mit mindestens einem Selektionsmerkmal mindestens einer Ganglinie möglich ist. Problematisch ist dabei u. a., daß die aktuelle Situation hinsichtlich eines Selektionsparameters zu einer Ganglinie nicht hinreichend zuverlässig auf den künftigen, zu prognostizierenden Verlauf des durch diese Ganglinie repräsentierten Verkehrsparameters schließen läßt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine möglichst effiziente Optimierung von Prognosen, insbesondere Verkehrsprognosen. Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren optimiert Prognosen von Parametern, insbesondere Verkehrsparametern. Dabei kann ein Parameter eines Systems, insbesondere ein Verkehrsparameter eines Verkehrsnetzes, aufgrund von einen zweiten Parameter des Systems betreffenden Daten und mindestens einer Ganglinie qualitativ hochwertig prognostiziert werden. Dies ist insbesondere in Fällen von Vorteil, in welchen auf den künftigen zu prognostizierenden Verlauf eines Verkehrsparameters aufgrund aktueller Werte eines anderen Verkehrsparameters besser zu schließen ist als aufgrund der aktuellen Werte des ersteren Verkehrsparameters. Wenn beispielsweise am frühen Morgen eine Prognose für die PKW-Reisezeiten am späten Morgen erstellt werden soll, sind die aktuellen PKW-Reisezeiten ungeeignet für eine Prognose der künftigen PKW-Reisezeiten, da frühmorgens wochentags wie am Wochenende noch kaum PKWs fahren, was jedoch keine Aussage über am späten Morgen fahrende PKWs ist. Aus einem starken LKW-Fluß am frühen Morgen kann jedoch beispielsweise abgelesen werden, daß heute ein werktag-ähnlicher Verkehr stattfinden wird, so daß eine Prognose von PKW-Reisezeiten am späten Morgen aufgrund des LKW-Flusses am frühen Morgen besser möglich ist als aufgrund von PKW-Reisezeiten am frühen Morgen.

Ein derartiges Verfahren könnte auch als gekoppeltes Einschmelzen (statistisches Verdichten von tatsächlichen Verläufen von Parametern) und probabilistische Selektion bezeichnet werden. Um Ganglinien (Verläufe) von Verkehrsparametern zu erhalten, werden tatsächliche Verläufe untersucht und zusammen mit Selektionsmerkmalen (beispielsweise Istwerte oder Verläufe zu bestimmten Zeitpunkten) gespeichert. Ferner wird untersucht, welche Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Verkehrsparametern bestehen, um eine Prognose eines ersten Parameters aufgrund von Daten zu einem zweiten Parameter zu ermöglichen. Vorzugsweise wird dabei die feste oder zeitabhängige Stärke von Kopp-

lungen jeweils mindestens zweier Parameter untersucht und mit abgespeichert. Auch ist eine Aktualisierung der die Kopplungsstärke mindestens zweier Parameter repräsentierenden Kennzahl aufgrund aktueller tatsächlicher Verläufe der Parameter und/oder der Qualität von Prognosen möglich. In den gespeicherten Daten zu Ganglinien sind Kopplungen verschiedener Parameter mit berücksichtigt.

Vorteilhaft ist dabei ferner eine Berücksichtigung und Speicherung der Varianz (oder Variabilität) der zu einer Ganglinie verdichteten Verläufe eines Parameters und die Berücksichtigung der Varianz (oder Variabilität) bei der Prognose eines Parameters.

Vorteilhaft ist ferner insbesondere eine Verringerung der Gewichtung einer Kopplung zwischen zwei oder mehr Parametern im Laufe der Zeit, um so veraltete Kopplungen automatisch zu schwächen und/oder zu unterdrücken. Dies kann insbesondere erfolgen, falls die Ganglinien-Datenmenge im Laufe der Zeit sehr groß wird.

Eine probabilistische Selektion einer Ganglinie kann darin bestehen, zur Prognose eines Parameters für einen künftigen Zeitpunkt aufgrund von Daten zu einem anderen Parameter zum aktuellen Zeitpunkt für die Selektion einer Ganglinie zur Prognose die Wahrscheinlichkeit zu berücksichtigen, daß aufgrund einer Messung des zweiten Parameters eine bestimmte Ganglinie eine gute Prognose für den ersten Parameter ermöglicht. Diese Wahrscheinlichkeit kann zur Ganglinienbasis als Kennzahl für die Kopplung zweier Größen abgespeichert sein und zur Prognose abgerufen werden. Die Wahrscheinlichkeit kann neben der Kopplungsstärke von zwei Parametern auch den Abstand der Messung des zweiten Parameters von einer zur Prognose verwendeten Ganglinie des zweiten Parameters oder einer anderen Ganglinie berücksichtigen.

Eine Selbstkorrektur der Ganglinienbasis erfolgt vorzugsweise durch Mitführen einer Fehlerganglinie, in welcher Abweichungen von prognostizierten Verläufen von tatsächlichen Verläufen zur Korrektur von Ganglinien berücksichtigt werden.

Zur Selbstkorrektur ist ferner eine laufende Korrektur der Kennzahlen zur Kopplungsstärke jeweils mindestens zweier Parameter zweckmäßig; insbesondere große Abweichungen von tatsächlichen Werten zu prognostizierten Werten können zur Abschwächung, geringe Abweichungen der tatsächlichen Werte von den prognostizierten Werten können zur Stärkung einer Kopplung führen.

Zweckmäßig ist insbesondere eine Realisierung als neuronales Netz.

Das Verfahren kann insbesondere als Programm in einer Verkehrszentrale realisiert werden; in der Verkehrszentrale kann insbesondere eine Datenbank mit Ganglinien (Verläufen von verkehrstechnischen oder anderen Parametern) und/oder eine Datenbank mit Kennzahlen zur Kopplung jeweils mindestens zweier Parameter umfassen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Dabei zeigt:

Fig. 1 als Blockschaltbild die statistische Verdichtung (Einschmelzen) von Verkehrsdaten zu Ganglinien und Kopplungskennzahlen für eine Prognosedatenbank sowie eine probabilistische Selektion zur Erstellung von Verkehrsprognosen,

Fig. 2 ein Beispiel einer Prognose eines Parameters aufgrund von aktuellen Daten zu einem anderen Parameter.

Im in Fig. 1 gezeigten Beispiel werden Verkehrsdaten 1 von Floating-cars (FCD), Verkehrsdaten 2 von above-ground-Detektoren (SES-Daten) und Verkehrsdaten 3 von Induktionsschleifen-Daten (VIZ) an mehreren Orten zu mehreren Zeitpunkten gemessen, wobei sich an einem Ort

beispielsweise einer der beiden im Kasten 4 beispielhaft dargestellten Verläufe 5, 6 eines Verkehrsparameters ergeben kann.

Im Schritt 5 werden die Verläufe (5, 6 usw.) von FCD-Daten 1, SES-Daten 2, VIZ-Daten 3 gekoppelt eingeschmolzen, also unter Berücksichtigung von Kopplungen zu Ganglinien, ganglinienbezogenen Selektionsmerkmalen und Kopplungen zwischen Verkehrsparametern repräsentierenden Kennzahlen statistisch verdichtet und in einer Prognose-Datenbank abgelegt. Beispielsweise kann der Verlauf der Anzahl von PKWs in einem Streckenabschnitt an einem Werktag, der Verlauf der Anzahl von PKWs an einem Abschnitt am Wochenende, der Verlauf der Anzahl von LKWs an einem Abschnitt an einem Werktag, der Verlauf von LKWs an einem Abschnitt an einem Sonntag jeweils zu einer eigenen Ganglinie (zeitlicher Verlauf an einem Wochentag an einer Position) statistisch verdichtet werden und mit Selektionsmerkmalen versehen werden. Selektionsmerkmale können beispielsweise die Anzahl von PKWs zu einer bestimmten Uhrzeit, die Anzahl von LKWs zu einer bestimmten Uhrzeit etc. sein. Selektionsmerkmale sind jeweils zumindestens einer oder evtl. auch mehreren Ganglinien zugeordnet. Wenn aktuell ein Selektionsmerkmal oder mehrere Selektionsmerkmale einer Ganglinie erfüllt sind, beispielsweise wenn aktuell (frühmorgens) die Anzahl der LKWs über einem bestimmten Wert liegt, kann darauf geschlossen werden, daß eine bestimmte Ganglinie (LKW/werktag) aktuell verfolgt wird. Hieraus kann eine Prognose für den zu den gemessenen Daten gehörenden Verkehrsparameter zu einem künftigen Zeitpunkt oder erfindungsgemäß für einen nicht zu den gemessenen Daten zugeordneten Verkehrsparameter zu einem künftigen Zeitpunkt erstellt werden. Diejenige Ganglinie eines Verkehrsparameters, welche aufgrund gemessener aktueller Daten am wahrscheinlichsten den künftigen Verlauf eines Verkehrsparameters repräsentiert, wird ausgewählt, was auch als probabilistische Selektion bezeichnet werden kann.

Fig. 2 zeigt ein Beispiel einer probabilistischen Selektion. Am frühen Morgen liegen Verkehrsdaten zur aktuellen Anzahl von PKWs und zur aktuellen Anzahl von LKWs in einem Straßenabschnitt vor. Die Anzahl von PKWs in einem Straßenabschnitt für einen künftigen Zeitpunkt, nämlich spätmorgens, soll prognostiziert werden. Aufgrund der aktuellen (frühmorgens) Anzahl von PKWs ist dies nicht möglich, da sich die Ganglinien von PKWs werktags und am Wochenende früh morgens kaum unterscheiden. Hingegen unterscheiden sich bereits frühmorgens deutlich die Anzahl von LKWs in einer Ganglinie für einen Werktags-Verlauf und einer Ganglinie für einen Sonntags-Verlauf. Aufgrund der Zahl von LKWs früh morgens auf einer Werktags-Ganglinie kann deshalb darauf geschlossen werden, daß sich die Anzahl der PKWs auf einer Werktags-Ganglinie weiterentwickeln wird und daß deshalb spätmorgens die Anzahl der PKWs auf der PKW-Ganglinie für spätmorgens zutreffend ist. Die Kopplung der PKW-Werktags-Ganglinie und der LKW-Werktags-Ganglinie betrifft somit insbesondere das gemeinsame Merkmal "werktags". Dieses Kopplungsmerkmal muß jedoch nicht grundsätzlich zur Prognose bekannt sein.

Die Kopplung kann binär oder quantisiert berücksichtigt werden. Wenn mehrere Ganglinien in Frage kommen, kann die wahrscheinlichste ausgewählt werden.

Das Verfahren wurde zur Prognose von Verkehrsparametern entwickelt. Jedoch ist auch ein anderer Parameter erfindungsgemäß prognostizierbar. Beispielsweise kann aus dem morgendlichen PKW-Fluß auf die mittägliche Schadstoffkonzentration geschlossen werden etc.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prognose eines ersten den Zustand eines Systems repräsentierenden Parameters, wobei einen zweiten Parameter des Systems betreffende Daten mindestens einer von mehreren, einen zeitlichen Verlauf des ersten, den Zustand des Systems repräsentierenden Parameters repräsentierenden Ganglinien zugeordnet werden, und der erstere Parameter aufgrund der Daten und der mindestens einen zugeordneten Ganglinie für einen künftigen Zeitpunkt prognostiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das System ein Verkehrsnetz ist, daß die Parameter den Zustand des Verkehrsnetzes repräsentierende Verkehrsparameter sind, daß die Daten einen Verkehrsparameter betreffende Verkehrsdaten für mindestens einen Zeitpunkt sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Ganglinien für die Prognose berücksichtigt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils für die Zuordnung der Daten zu einer Ganglinie eine die Wahrscheinlichkeit der richtigen Zuordnung und/oder Realitätsapproximations-Genauigkeit der Zuordnung der Daten zu dieser Ganglinie repräsentierende Kennzahl bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß aufgrund der Kennzahl die Gewichtung mehrerer Ganglinien bei der Prognose festgelegt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kennzahl (= Kopplungsgrad) für zwei Parameter aufgrund bisheriger zeitlicher Verläufe der Parameter festgelegt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kennzahl zu zwei Parametern aufgrund jeweils aktueller Daten zu den zwei Parametern wiederholt aktualisiert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Aktualisierung einer Kennzahl aktuellere Daten stärker berücksichtigt werden als ältere Daten.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Varianz (= Variabilität) der zu einer Ganglinie verdichteten Verläufe von Parametern bestimmt und bei der Festlegung einer Kennzahl und/oder einer Prognose berücksichtigt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Kennlinien mit einem über einem Schwellwert liegenden Alter seit ihrer letzten Aktualisierung gelöscht werden.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennzahl (= Kopplungsgrad) mehr als binär quantifiziert ist und den Grad der Kopplung zweier Parameter repräsentiert.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren in einem neuronalen Netz abläuft.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ganglinie aufgrund des bestimmten zeitlichen Verlaufs eines Parameters bestimmt wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in einer Verkehrszentrale erstellte Prognose berücksichtigende Daten per Funk, insbesondere Mobilfunk, insbesondere GSM-SMS, an einen Verkehrsteilnehmer übermittelt werden.

15. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche und/oder Merkmalen mindestens eines der vorhergehenden Ansprüche.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Blockschaltbild

